

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-090380

(43)Date of publication of application : 10.04.1998

(51)Int.Cl.

G01R 33/02
G11B 5/39
H01F 10/16
H01L 43/08
H01L 43/10

(21)Application number : 08-244860

(71)Applicant : TOKIN CORP
ARAI KENICHI

(22)Date of filing : 17.09.1996

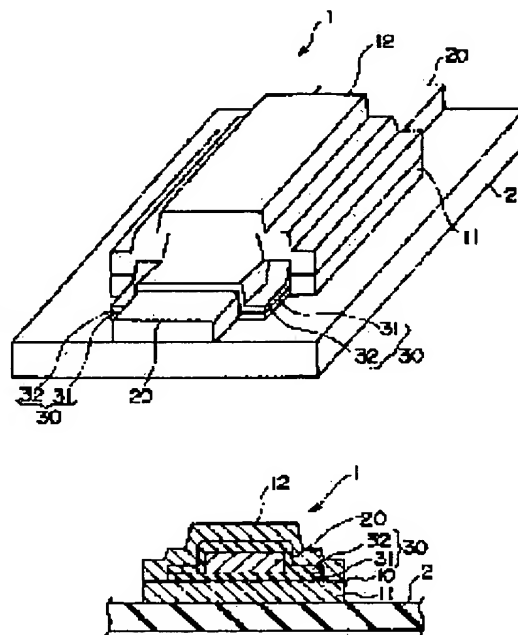
(72)Inventor : ISOMURA AKIHIRO
ARAI KENICHI

(54) MAGNETISM DETECTING ELEMENT AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetism detecting element whose higher sensitivity can be realized, which can reduce an eddy-current loss, which can improve a magnetic characteristic in a high-frequency band and whose impedance change rate is large.

SOLUTION: In a magnetism detecting element which is provided with a magnetic layer 10 and with a conductor layer 20, the magnetic layer 10 contains a Co-Nb-Zr thin film which is composed of 80 to 87 atomic % of Co, of 10 to 17 atomic % of Nb and of 1 to 6 atomic % of Zr. When the magnetism detecting element is manufactured, a first insulating film 31 is formed on a first magnetic film 11, the conductor layer 20 is formed on the insulating film 31, the conductor film 20 is covered with a second insulating film 32 so as to leave both end parts, and the second insulating film 32 is covered with a second magnetic film 12 so as to constitute a closed magnetic circuit together with the first magnetic film 11.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

24.12.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3210933

[Date of registration]

19.07.2001

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-90380

(43)公開日 平成10年(1998)4月10日

(51)Int.Cl.⁹

識別記号

F I

G 0 1 R 33/02

G 0 1 R 33/02

D

G 1 1 B 5/39

G 1 1 B 5/39

H 0 1 F 10/16

H 0 1 F 10/16

H 0 1 L 43/08

H 0 1 L 43/08

Z

M

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願平8-244860

(22)出願日

平成8年(1996)9月17日

(71)出願人 000134257

株式会社トーキン

宮城県仙台市太白区郡山6丁目7番1号

(71)出願人 591131925

荒井 賢一

宮城県仙台市泉区山の寺2丁目28番9号

(72)発明者 磯村 明宏

宮城県仙台市太白区郡山六丁目7番1号

株式会社トーキン内

(72)発明者 荒井 賢一

宮城県仙台市泉区山の寺二丁目28番9号

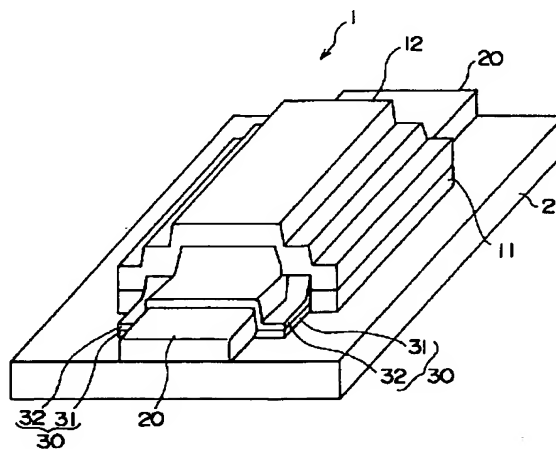
(74)代理人 弁理士 後藤 洋介 (外2名)

(54)【発明の名称】 磁気検出素子及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 より高感度の検出素子を実現でき、渦電流損失が低減でき、高周波帯域での磁気特性が改善され、大きなインピーダンス変化率を有する磁気検出素子を提供すること。

【解決手段】 磁性層10と導体層20とを備えた磁気検出素子において、前記磁性層10は、80-87at%Co-10~17at%Nb-1~6at%ZrのCo-Nb-Zr薄膜を含む。この磁気検出素子を製造するには、第1の磁性膜11上に第1の絶縁膜31を形成し、前記絶縁膜31上に導体層20を形成し、前記導体層20を両端部を残して覆うように、第2の絶縁膜32で覆い、前記第2の絶縁膜32を前記第1の磁性膜11と閉磁路を構成するように、第2の磁性膜12で覆う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁性層とこれに隣接した導電層とを備えた磁気検出素子において、前記磁性層は、 $80-87\text{at}\% \text{Co}-10-17\text{at}\% \text{Nb}-1-6\text{at}\% \text{Zr}$ の $\text{Co}-\text{Nb}-\text{Zr}$ 薄膜を含むことを特徴とする磁気検出素子。

【請求項2】 請求項1記載の磁気検出素子において導電層を含み、前記導電層は、 Cu 、 Ag 、 Al 、 Au の内の少なくとも一種から実質的になり、前記 $\text{Co}-\text{Nb}-\text{Zr}$ 薄膜と、前記導電層とは、絶縁層を介して互いに

絶縁されていることを特徴とする磁気検出素子。

【請求項3】 請求項1又は2記載の磁気検出素子において、前記磁性層は、前記 $\text{Co}-\text{Nb}-\text{Zr}$ 薄膜を複数絶縁膜を介して積層したものであることを特徴とする磁気検出素子。

【請求項4】 請求項2又は3記載の磁気検出素子において、前記磁性層に、前記絶縁層を積層してなり、前記絶縁層及び前記絶縁膜は、 SiO_2 、 Si_3N_4 、 Al_2O_3 、 AlN のうち少なくとも一種からなることを特徴とする磁気検出素子。

【請求項5】 導電層の周囲を絶縁層を介して磁性層にて覆った磁気検出素子であって、前記磁性層は、 $80-87\text{at}\% \text{Co}-10-17\text{at}\% \text{Nb}-1-6\text{at}\% \text{Zr}$ の $\text{Co}-\text{Nb}-\text{Zr}$ 薄膜を含むことを特徴とする磁気検出素子。

【請求項6】 請求項5記載の磁気検出素子において、前記磁性層は、前記 $\text{Co}-\text{Nb}-\text{Zr}$ 薄膜を複数絶縁膜を介して積層したものであることを特徴とする磁気検出素子。

【請求項7】 請求項5又は6記載の磁気検出素子において、前記導電層は、 Cu 、 Ag 、 Al の内の少なくとも一種から実質的になり、前記絶縁層及び絶縁膜は、 SiO_2 、 Si_3N_4 、 Al_2O_3 、 AlN のうち少なくとも一種から実質的になることを特徴とする磁気検出素子。

【請求項8】 第1の磁性膜上に第1の絶縁膜を形成し、前記絶縁膜上に導電層を形成し、前記導電層を両端部を残して覆うように、第2の絶縁膜で覆い、前記第2の絶縁膜を前記第1の磁性膜と閉磁路を構成するように、第2の磁性膜で覆うことを含み、前記第1及び第2の磁性膜は、 $80-87\text{at}\% \text{Co}-10-17\text{at}\% \text{Nb}-1-6\text{at}\% \text{Zr}$ の $\text{Co}-\text{Nb}-\text{Zr}$ 薄膜を含むことを特徴とする磁気検出素子の製造方法。

【請求項9】 請求項8記載の磁気検出素子の製造方法において、前記磁性層は、前記 $\text{Co}-\text{Nb}-\text{Zr}$ 薄膜を複数の第3の絶縁膜を介して積層したものであることを特徴とする磁気検出素子の製造方法。

【請求項10】 請求項8又は9記載の磁気検出素子の製造方法において、前記第1乃至第3の絶縁膜は、夫々 SiO_2 、 Si_3N_4 、 Al_2O_3 、 AlN のうち少な

くとも一種からなり、前記導電層は Cu 、 Ag 、 Al 、 Au の内の少なくとも一種から実質的になることを特徴とする磁気検出素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は外部磁気に応じたインピーダンスを呈する磁気検出素子に関するもので、特に各種磁気ヘッド、磁気センサーとして有用な磁気検出素子に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、電子機器の小型・高性能化が急速に進み、特にコンピューター関連機器ではハードディスクの小型・大容量化に伴って従来の磁束密度の変化を用いたヘッドに代わり、磁気抵抗効果を利用したヘッド（MRヘッド）が読みとり使用されつつある。しかし、さらなる記録密度の増大にはこのMRヘッドでも十分ではなく、外部磁界の変化に対してさらに電気特性の変化の大きいヘッド用の素子が望まれている。

【0003】また、地磁気の測定、脳内磁界の測定等、微小磁界の測定・検出を行なう場合にもMRヘッドでは十分ではない。

【0004】このような点に鑑みて、軟磁性線に高周波電流を通電し、外部磁界の変動に応じた軟磁性線の抵抗、及びインダクタンスの変化、すなわちインピーダンスの変化として捕らえる磁気検出素子（「磁気インピーダンス素子」ともいわれる。）が提案されている（特開平6-176930、特開平7-248365、電気学会論文誌E116巻1号p7（1996）など）。このような磁気検出素子は、外部磁界の変化に伴うインピーダンスの変化が大きく、センサー、ヘッドとして優れた特徴を持っているが、磁界変化に伴うインピーダンスの変化率（すなわち磁界感度）は10%/Oeの程度にとどまるという欠点がある。

【0005】このような欠点を改善するために、トランジスタと軟磁性線を組み合わせて発振回路を構成し、LC共振を利用することによって検出感度を向上させようとするのが提案されている（日本応用磁気学会誌、第19巻、469（1995）など）。しかし、この提案による磁気検出素子は、能動部品を必要とするばかりでなく、いくつかの抵抗器、コンデンサー、ダイオードなどを必要とする。したがって、素子自体のコストアップは避けられないという欠点がある。

【0006】他方で、アモルファス金属磁性単層膜を磁気検出素子として用いることが検討されている（内山ほか、電気学会論文誌、115-A、949（1995））。このような磁気検出素子では、磁性膜に直接通電を行うことにより外部磁界によりインピーダンスが変化する小型の磁気センサを実現できる。しかしながらアモルファス金属磁性膜は Cu 、 Al 、 Ag など、導体線路として一般に用いられる金属に比べ、電気抵抗が大き

いため、励磁が効率よく行えず、かつインピーダンス変化率が小さくなるという欠点を有する。

【0007】また、Cu膜を内包したストライプ状のパーマロイスバッタ膜を磁気インピーダンス素子として用いることが提案されている（千田他、電気学会マグネティックス研究会資料、MAG-95-126, 91（1995））。さらに、一軸異方性を付与されたCoSiB膜の間にCu導電体層を挟んだ構造の磁気検出素子も提案されている（森川他、日本応用磁気学会誌、20, 553（1996））。これらの磁気検出素子では、そのインピーダンスの変化率が-50～+120%程度を呈するようす外部印加磁界の変化範囲があるが、磁界感度は-5～+10%/Oe程度に留まり、また、磁気異方性を制御しにくいという欠点がある。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】上に述べた磁気検出素子の等価回路は図1のような2端子回路となり、もっぱら磁界の変化分を $Z = R + j\omega L$ （ ω は素子に流す交流電流の角周波数）の形のインピーダンスの変化として検出している。このような磁気検出素子では数MHz程度の周波数帯域においては比透磁率がほとんど1に近いため、外部磁界に対するインダクタンス分 L の変化は小さい。しかし、外部磁界が異方性磁界の大きさと同じになるとき比透磁率が最大をとるという性質を利用して、外部磁界の変化に対するインピーダンス変化分を大きくできる。ところが、数10～数100MHz程度の周波数帯域では表皮効果の影響、及び渦電流損失の増大のために、素子自体のインピーダンスが増大し、相対的に外部磁界の変化に対するインピーダンス変化分が小さくなるという欠点がある。

【0009】さらに、従来提案されてきた上記の軟磁性線、または軟磁性薄膜を用いた磁気検出素子では接地導体を持たないため、素子周辺に存在する他の回路要素や配線等との間に種々の浮遊容量が発生するために動作が不安定になりがちであるという欠点がある。

【0010】さらには通電電流により発生される電界が素子外部に存在する導体、あるいは誘電体のために乱されやすく、動作が不安定になりがちであるという欠点がある。

【0011】そこで、本発明の第1の技術的課題は、磁性金属層、または磁性金属線に導体金属の役割を兼用させるような構造の検出素子に比べ、直流電気抵抗を低減させることができるため、より高感度の検出素子を実現できる磁気検出素子及びその製造方法を提供することにある。

【0012】また、本発明の第2の技術的課題は、渦電流損失が低減でき、高周波帯域での磁気特性が改善される磁気検出素子及びその製造方法を提供することにある。

【0013】更に、本発明の第3の技術的課題は、大き

なインピーダンス変化率を有する磁気検出素子及びその製造方法を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、ガラスセラミック絶縁層を介しつつ、導電体層を内包し、かつCoNbZr膜、及びガラスセラミックス層と積層構造を持たせたCoNbZrは磁気異方性を制御しやすく、かつ磁歪が零近傍の膜を容易に得られることから、この種の磁気検出素子として用いた場合、上記問題点の解決が図れることを見出した。この磁気異方性の制御については、回転磁界中熱処理、あるいは静磁界中熱処理を施すことによって膜面で等方的な異方性をもたせたり、あるいは一軸異方性をもたせることが容易にできる。

【0015】本発明によれば、磁性層とこれに隣接した導電層とを備えた磁気検出素子において、前記磁性層は、80-87at%Co-10-17at%Nb-1-6at%ZrのCo-Nb-Zr薄膜を含むことを特徴とする磁気検出素子が得られる。

【0016】また、本発明によれば、前記磁気検出素子において導電層を含み、前記導電層は、Cu、Ag、Al、Auの内の少なくとも一種から実質的になり、前記Co-Nb-Zr薄膜と、前記導電層とは、絶縁層を介して互いに絶縁されていることを特徴とする磁気検出素子が得られる。

【0017】また、本発明によれば、前記いずれかの磁気検出素子において、前記磁性層は、前記Co-Nb-Zr薄膜を複数絶縁層を介して積層したものであることを特徴とする磁気検出素子が得られる。

【0018】また、本発明によれば、前記いずれかの磁気検出素子において、前記磁性層に、前記絶縁層を積層してなり、前記絶縁層及び前記絶縁膜は、SiO₂、Si₃N₄、Al₂O₃、AlNのうち少なくとも一種からなることを特徴とする磁気検出素子が得られる。

【0019】また、本発明によれば、導電層の周囲を絶縁層を介して磁性層にて覆った磁気検出素子であって、前記磁性層は、80-87at%Co-10-17at%Nb-1-6at%ZrのCo-Nb-Zr薄膜を含むことを特徴とする磁気検出素子が得られる。

【0020】また、本発明によれば、前記磁気検出素子において、前記磁性層は、前記Co-Nb-Zr薄膜を複数絶縁層を介して積層したものであることを特徴とする磁気検出素子が得られる。

【0021】また、本発明によれば、前記いずれかの磁気検出素子において、前記導電層は、Cu、Ag、Al、Auの内の少なくとも一種から実質的になり、前記絶縁層及び絶縁膜は、SiO₂、Si₃N₄、Al₂O₃、AlNのうち少なくとも一種から実質的になることを特徴とする磁気検出素子が得られる。

【0022】また、本発明によれば、第1の磁性膜上に第1の絶縁膜を形成し、前記絶縁膜上に導電層を形成

し、前記導体層を両端部を残して覆うように、第2の絶縁膜で覆い、前記第2の絶縁膜を前記第1の磁性膜と閉磁路を構成するように、第2の磁性膜で覆うことを含み、前記第1及び第2の磁性膜は、 $80-87\text{at}\%\text{Co}-10-17\text{at}\%\text{Nb}-1-6\text{at}\%\text{Zr}$ の $\text{Co}-\text{Nb}-\text{Zr}$ 薄膜を含むことを特徴とする磁気検出素子の製造方法が得られる。

【0023】また、本発明によれば、前記磁気検出素子の製造方法において、前記磁性層は、前記 $\text{Co}-\text{Nb}-\text{Zr}$ 薄膜を複数の第3の絶縁膜を介して積層したものであることを特徴とする磁気検出素子の製造方法が得られる。

【0024】さらに、本発明によれば、前記磁気検出素子の製造方法において、前記第1乃至第3の絶縁膜は、夫々 SiO_2 、 Si 、 N 、 Al_2O_3 、 AlN のうち少なくとも一種からなり、前記導体層は Cu 、 Ag 、 Al の内の少なくとも一種から実質的になることを特徴とする磁気検出素子の製造方法が得られる。

【0025】ここで、本発明の組成の限定理由について述べる。 $\text{Co}-\text{Nb}-\text{Zr}$ 薄膜の組成について、 Co は $87\text{at}\%$ を越えると飽和磁化が大きくなる反面、磁歪が大きくなり、軟磁気特性が劣化することから外部磁界の変動に伴うインピーダンス変化率が小さくなり、さらには非晶質の膜が得られにくくなるという弊害がある。 $80\text{at}\%$ を下回ると飽和磁化が小さくなり、外部磁界の変動に伴うインピーダンス変化率が小さくなる。 Zr は $\text{Co}-\text{Nb}-\text{Zr}$ 膜を非晶質化する効果があり、概ね $1\text{at}\%$ 以上であることが必要である。しかし、 $6\text{at}\%$ を越えると磁歪が大きくなり、軟磁気特性の劣化を招くので好ましくない。 Nb 量については $10-16\text{at}\%$ のときに零磁歪となるので最も好ましく、 $10\text{at}\%$ を下回ると正の磁歪が大きくなり、軟磁気特性の劣化、すなわちインピーダンス変化率劣化を招き、 $16\text{at}\%$ を越えると飽和磁化の低下を招くので好ましくない。

【0026】このように、本発明においては、薄膜技術を用いているため、微細加工が容易にできる点においては、他の薄膜磁気検出素子と同様、線材を用いた磁気検出素子よりも優れている。

【0027】さらには、本発明においては、導体層と磁性層とが電氣的に絶縁されているため、渦電流損失を低減することができるため、高周波帯域での特性に優れる。

【0028】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について説明する。

【0029】図1は本発明の実施の形態による磁気検出素子を示す斜視図である。また、図2は図1の磁気検出素子の横断面図、図3は図1の磁気検出素子の縦断面図である。図1乃至図3を参照すると、磁気検出素子1は、ガラス基板2上に形成された外郭をなす厚さ $1\mu\text{m}$

の $\text{Co}-\text{Nb}-\text{Zr}$ 膜からなる磁性層10と、中心部に設けられた厚さ $1\mu\text{m}$ の Cu 膜からなる導体層20と、磁性層10及び導体層20との間に介在する厚さ $0.5\mu\text{m}$ の SiO_2 膜からなる絶縁層30とから構成されている。磁性層10は、ガラス基板2上の第1の磁性膜11と、上方に形成された第2の磁性膜からなる。絶縁層30は導体層20と第1の磁性膜11との間に介在する第1の絶縁膜31と、導体層20と第2の磁性膜12との間に介在する第2の絶縁膜32とからなり、第1の絶縁膜31と第2の絶縁膜32とは、両側部分において、密着している。

【0030】次に本発明の実施の形態による磁気検出素子の製造の具体例について説明する。

【0031】(本発明試料1~10、及び比較試料1~5)図4は本発明の実施の形態による磁気検出素子の製造工程を順に示す図である。図4を参照して、高周波マグネトロンスパッタリング等により図1乃至図3に示す構造の磁気検出素子を厚さ 1mm のガラス基板上に作製した。作製手順は次の通りである。なお、 $\text{Co}-\text{Nb}-\text{Zr}$ 膜の製膜にあたっては種々の組成の $\text{Co}-\text{Nb}-\text{Zr}$ 薄膜を得るために数種類の組成の $\text{Co}-\text{Nb}-\text{Zr}$ 合金ターゲット、ならびに Nb ペレット、 Zr ペレットを用いた。 $\text{Co}-\text{Nb}-\text{Zr}$ 膜の組成はすべてEPMAで分析した。

【0032】まず、図4(a)に示すような、縦横が $10\text{mm}\times 20\text{mm}$ のガラス基板2上に、マスクを施し、図4(b)に示すように、幅 4mm 、長さ 14mm 、厚さ $1\mu\text{m}$ の $\text{Co}-\text{Nb}-\text{Zr}$ 膜の第1の磁性膜11をスパッタにより製膜した。

【0033】次に、図4(c)に示すように、マスクを用いて、幅 3mm 、長さ 16mm 、厚さ $0.5\mu\text{m}$ の SiO_2 膜の第1の絶縁膜31をRFマグネトロンスパッタリングにより製膜した。更に、図4(d)に示すように、第1の絶縁膜31上に、第1の絶縁膜31の両端よりもさらに長さ方向に延在して、幅 2mm 、長さ 20mm で、厚さ $1\mu\text{m}$ の Cu 膜からなる導体層20を製膜した。次に、図4(e)に示すように、導体層20の中央部を覆い、第1の絶縁膜31と重なるように、幅 3mm 、長さ 16mm 、厚さ $0.5\mu\text{m}$ の SiO_2 膜からなる第2の絶縁膜32を製膜した。続いて、図4(f)に示すように、第2の絶縁膜を覆うように、幅 4mm 、長さ 14mm 、厚さ $1\mu\text{m}$ の $\text{Co}-\text{Nb}-\text{Zr}$ 膜からなる第2の磁性膜12を製膜し、磁気検出素子を得た。試作した磁気検出素子1の大きさは $\text{Co}-\text{Nb}-\text{Zr}$ 膜の長手方向で 14mm 、幅が 4mm 、電極 Cu の長手方向で 20mm 、幅で 2mm である。この素子を $5.0\times 10^{-6}\text{Torr}$ 以下、 $\text{Hex}=5000\text{Oe}$ の真空・回転磁界中で 400°C 、2時間熱処理し、製膜中に導入された異方性を緩和した後、同条件の真空・静磁界中で熱処理し、素子の幅方向一軸磁気異方性を導入した。

【0034】次いで、この素子の導体層20の両端部を端子として、10MHzの通電電流を流したときのインピーダンスのバイアス磁界依存性を測定した。また、インダクタンス変化率、ならびにEPMAによる組成分析の結果を下記表1に示す。下記表1の試料1の場合のバイアス磁界依存性のグラフを一例として図5に示す。下記表1でNo. 1~10の試料は本発明の請求範囲内の組成である。また、No. 11~15の試料は本発明の範囲外の組成で比較例である。

【0035】(比較試料6)比較試料6として、厚さ1mmのガラス基板上に膜厚2μm、長手方向14mm、幅4mmのCo-Nb-Zr膜のみを製膜した。さらに本発明試料1~10と同様の方法で磁場中熱処理を施し、磁気検出素子とした。この素子に10MHzの電流を直接流したときのインピーダンスのバイアス磁界依存性を測定したところ、インピーダンス変化率は30%/70e、磁界感度は4.3%/0eであった。また、膜組成は83.8at%Co-13.3at%Nb-2.9at%Zrであった。この場合と、本発明試料2とを比較すれば、図1の構造のように磁性層とは別に導体層を持つ磁気検出素子の優位性は明らかである。

【0036】(比較試料7)比較試料7として図1乃至図3に示した構造の磁気検出素子のSiO₂膜からなる絶縁層30を除き、ガラス基板上にCuの導体層20、Co-Nb-Zr膜からなる磁性層10のみを製膜した磁気検出素子を得た。さらに、本発明試料1~10と同様の方法で磁場中熱処理を施した。この試料に本発明試料1~10と同様に、10MHzの通電電流を流したときのインピーダンスの磁界依存性を調べたところ、インピーダンス変化率は、50%/90e、磁界感度は約6%/0eであった。また、膜組成は83.3at%Co-13.8at%Nb-2.9at%Zrであった。この場合と本発明試料3とを比較すれば、図1乃至図3の構造のように磁性層と導体層との間に絶縁体層を持つ磁気検出素子の優位性は明らかである。

【0037】(比較試料8)比較試料8として、図1乃至図3に示した構造の磁気検出素子のCo-Nb-Zrからなる磁性層に代え、磁性層としてパーマロイを製膜したものの磁気インピーダンス特性を調べた。本発明試料1~10と同様、10MHzの通電電流を流したときのインピーダンスの磁界依存性を測定したところ、インピーダンス変化率は45%/90e、磁界感度は5%/0eであった。

【0038】(本発明試料11)第2の実施の形態として、図1乃至図3に示す構造を有する磁気検出素子で、

本発明試料1のCo-Nb-Zr単層膜である第1の磁性膜11及び第2の磁性膜12に代え、図6に示すように、厚さ0.1μmのSiO₂からなる第3の絶縁膜33を間に挟みながら厚さ0.25μmのCo-Nb-Zr膜からなる第3の磁性膜13を4層積層した第1の磁性膜14及び第2の磁性膜からなる磁性層を備えた磁気インピーダンス素子を得た。さらに、本発明試料1~10と同様の方法で磁場中熱処理を施した。この導体層20に40MHzの通電電流を流したときのインピーダンス、インダクタンス、抵抗の磁界依存性を測定したところ、図6に示すようなインピーダンス、インダクタンス、抵抗の変化が見られた。このときのインピーダンス変化率は12%/80e、磁界感度は15%/0e、膜組成は84at%Co-12.8st%Nb-3.2at%Zrであった。後に述べる比較試料9と比べると高周波域での特性に優れていることがわかる。

【0039】(比較試料9)本発明試料1に記載の磁気検出素子に、本発明試料11と同様、40MHzの通電電流を流したときのインピーダンス磁界依存性を測定したところ、インピーダンス変化率は80%/80e、磁界感度は10%/0eであった。

【0040】(本発明試料12)図1に示す構造の磁気検出素子で、SiO₂絶縁層に代え、Si₃N₄を絶縁層として同様の素子を得た。さらに、本発明試料1~10と同様の方法で磁場中熱処理を施し、10MHzの通電電流を流したときのインピーダンス変化率を調べたところ、110%/6.50e、磁界感度は16.9%/0eであった。

【0041】(本発明試料13)図1に示す構造の磁気検出素子で、SiO₂絶縁層に代え、Al₂O₃膜を絶縁層として同様の素子を得た。さらに、本発明試料1~10と同様の方法で磁場中熱処理を施し、10MHzの通電電流を流したときのインピーダンス変化率を調べたところ、113%/6.70e、磁界感度は16.9%/0eであった。

【0042】(本発明試料14)図1に示す構造の磁気検出素子で、SiO₂の絶縁層30に代え、AlN膜を絶縁層として用いて同様の構造の素子を得た。さらに、本発明試料1~10と同様の方法で磁場中熱処理を施し、10MHzの通電電流を流したときのインピーダンス変化率を調べたところ、103%/6.30e、磁界感度は16.3%/0eであった。

【0043】

【表1】

種々の組成のCo-Nb-Zr磁気検出素子のインピーダンス変化率、
ならびに磁界感度

| 試料No. | Co (at%) | Nb (at%) | Zr (at%) | インピーダン ス変化率 | 磁界感度 (%/Oe) | 備考 |
|-------|-------------|-------------|-------------|----------------|----------------|-----|
| 1 | 84.3 | 12.6 | 3.1 | 107%/6.50e | 16.5 | 本発明 |
| 2 | 83.8 | 13.5 | 2.8 | 103%/6.20e | 16.6 | 本発明 |
| 3 | 83.2 | 13.5 | 3.3 | 100%/6.00e | 16.7 | 本発明 |
| 4 | 86.5 | 10.5 | 3.0 | 130%/8.20e | 15.9 | 本発明 |
| 5 | 80.3 | 13.6 | 6.1 | 95%/5.90e | 16.1 | 本発明 |
| 6 | 84.1 | 13.9 | 2.0 | 115%/7.50e | 15.3 | 本発明 |
| 7 | 85.5 | 12.2 | 2.3 | 126%/8.20e | 15.4 | 本発明 |
| 8 | 84.5 | 13.7 | 1.8 | 145%/8.80e | 16.5 | 本発明 |
| 9 | 83.2 | 11.5 | 5.3 | 109%/6.60e | 16.5 | 本発明 |
| 10 | 82.2 | 16.3 | 1.5 | 99%/6.20e | 16.0 | 本発明 |
| 11 | 88.6 | 10.9 | 0.5 | 143%/18.0e | 7.9 | 比較例 |
| 12 | 84.2 | 9.0 | 6.8 | 135%/15.0e | 9.0 | 比較例 |
| 13 | 80.2 | 18.5 | 1.3 | 56%/8.90e | 6.3 | 比較例 |
| 14 | 79.2 | 15.6 | 5.2 | 80%/80e | 10.0 | 比較例 |
| 15 | 87.2 | 9.2 | 3.8 | 138%/16.0e | 8.6 | 比較例 |

【0044】

【発明の効果】以上、説明したように、本発明においては、導体金属層を内包したCo-Nb-Zrアモルファス金属磁性薄膜を磁気検出素子として、用いることにより、従来見られたような磁性金属層、または磁性金属線に導体金属の役割を兼用させるような構造の検出素子に比べ、直流電気抵抗を低減させることができるため、より高感度の検出素子を実現できる。

【0045】また、本発明においては、導体金属層とCo-Nb-Zrアモルファス金属磁性薄膜との間にガラスセラミック絶縁層を持たせることにより、アモルファス金属磁性薄膜にはバイアス磁界印加のための直流は流れないので、渦電流損失が低減でき、絶縁層を持たない場合よりも高周波帯域での磁気特性が改善される。

【0046】また、本発明においては、Co-Nb-Zr層を単層膜ではなく、ガラスセラミック層を介した積層構造にすることにより、なお一層の高周波帯域化が可能である。

【0047】さらには、本発明においては、アモルファスCo-Nb-Zr磁性金属層の組成を適切にすることにより、従来用いられてきたパーマロイ薄膜、Co-Si-B薄膜などを用いた場合よりも大きなインピーダンス変化率を有する磁気検出素子を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態による磁気検出素子を示す斜視図である。

【図2】図1の磁気検出素子の横断面図である。

【図3】図1の磁気検出素子の縦断面図である。

【図4】(a)～(f)は図1の磁気検出素子の製造工程を示す平面図である。

【図5】図1の磁気検出素子のインピーダンスの磁界依存性を示す図である。

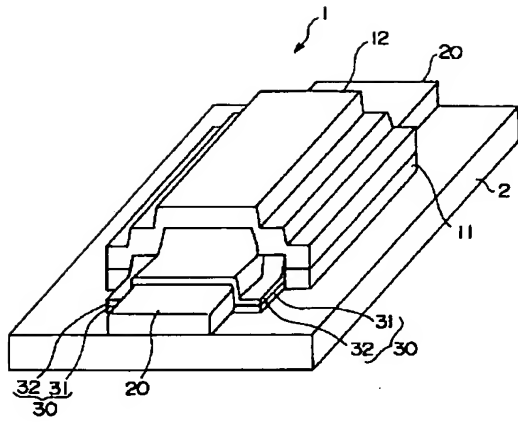
【図6】本発明の他の実施の形態による磁気検出素子を示す断面図である。

【図7】図6の磁気検出素子（本発明試料11）のZ、L、Rのバイアス磁場依存性を示す図である。

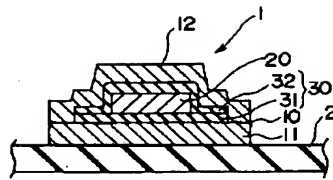
【符号の説明】

- 1 磁気検出素子
- 2 ガラス基板
- 10 磁性層
- 11, 14 第1の磁性膜
- 12 第2の磁性膜
- 13 第3の磁性膜
- 20 導体層
- 30 絶縁層
- 31 第1の絶縁膜
- 32 第2の絶縁膜
- 33 第3の絶縁膜

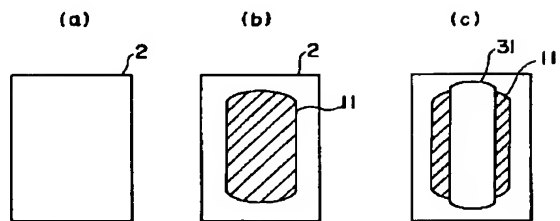
【図1】



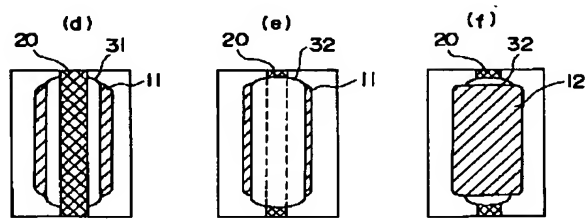
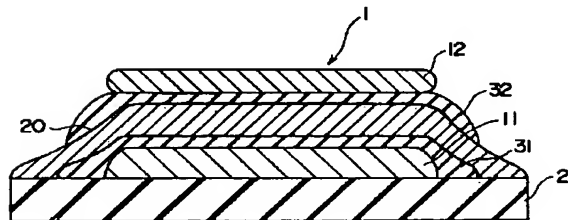
【図2】



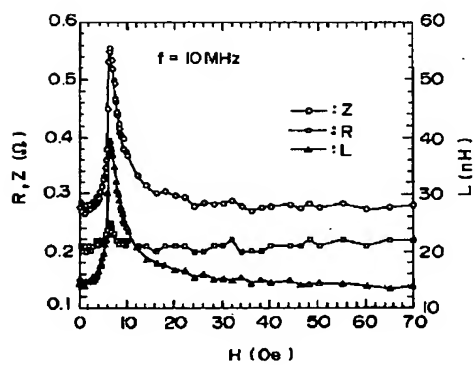
【図4】



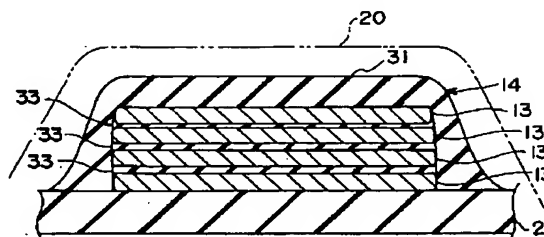
【図3】



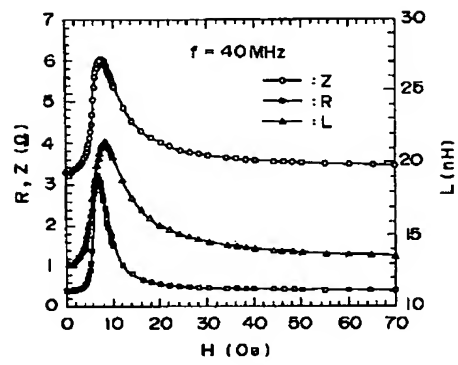
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁶
H 0 1 L 43/10

識別記号

F I
H 0 1 L 43/10